

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-065434

(43)Date of publication of application : 06.03.1998

(51)Int.Cl.

H01Q 3/30

H01Q 3/26

H01Q 19/00

H01Q 21/00

H01Q 25/00

(21)Application number : 08-221238

(71)Applicant : ATR KANKYO TEKIOU TSUSHIN
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 22.08.1996

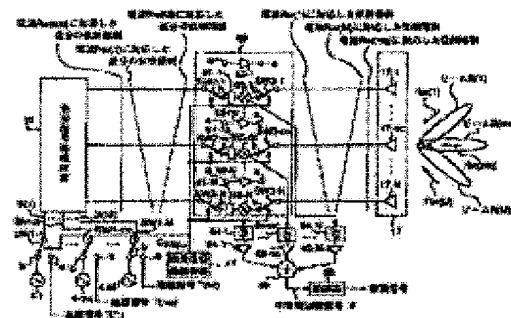
(72)Inventor : KICHI TAKASHI
INAGAKI KEIZO
IMAI NOBUAKI
KARASAWA YOSHIO

(54) OPTICALLY CONTROLLED PHASED ARRAY ANTENNA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To receive a plurality of radio waves incoming from a prescribed direction without digital signal processing by processing a high frequency signal in an optical space

SOLUTION: Each antenna element 17-n receives a plurality of radio waves R_w and outputs a reception signal to a transmission-reception module 60. The reception signal has a phase gradient corresponding to the incoming direction of the radio waves R_w . An optical signal processing unit 10 optically processes a plurality of input high frequency signals S , generates a reference signal corresponding to each reception signal and outputs it to the transmission-reception module 60. Each reference signal has a phase gradient inverse to that of the reception signal. The transmission-reception module 60 inverts the phase of the reference signal and outputs an intermediate frequency signal with a frequency between the frequency of the reception signal and the frequency of the reference signal to a synthesizer 66. An intermediate frequency signal IF whose phase gradient is in matching with that of the reference signal is outputted from the synthesizer 66 among the signals received by an array antenna 17 and the signals not in matching are not outputted.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-65434

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	P I	技術表示箇所
H 0 1 Q	3/30		H 0 1 Q	3/30
	3/26			3/26
	19/00			19/00
	21/00			21/00
	25/00			25/00
審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 20 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-221238

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月22日

(71) 出願人 396011680

株式会社エィ・ティ・アール環境適応通信
研究所
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地

(72) 発明者 吉 宇

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エィ・ティ・アール環境適
応通信研究所内

(74) 代理人 弁理士 青山 藤 (外1名)

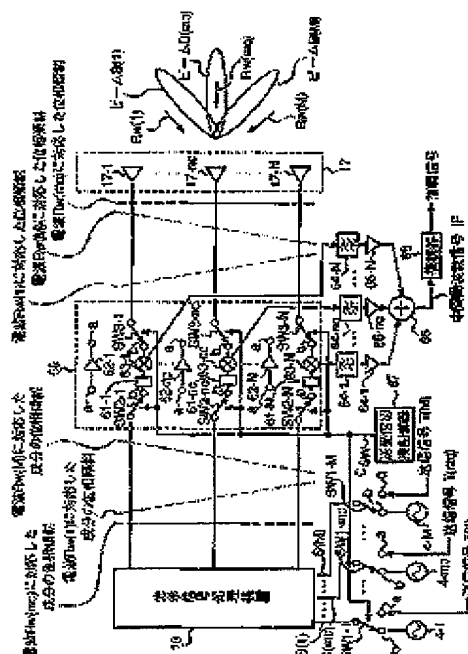
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光制御型フェーズドアレーアンテナ

(57) 【要約】

【課題】 所定方向から到来する複数の電波を受信することができ、かつ当該電波の各到来方向に高周波ビームを形成して、複数の送信信号を送信できる小型で構成が簡単な光制御型フェーズドアレーアンテナを提供する。

【解決手段】 複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナを備え、所定方向から到来するM個の電波を受信して出力するフェーズドアレーアンテナであって、M個の入力高周波信号を光学的に信号処理することにより電波の到来方向に対応する位相傾斜を有する複数のN個の光学処理信号を出力する光学信号処理手段と、対応するアンテナ素子によって受信される受信信号と、当該アンテナ素子に対応して上記光学信号処理手段から出力される上記光学処理信号とを混合して、周波数変換信号を出力する複数のN個の混合器と、複数のN個の周波数変換信号を合成する合成器とを備えた。



(2)

特開平10-65434

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数N個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを備え、それぞれ所定方向から到来するM個の電波を受信して出力するフェーズドアレーアンテナであって、

M個の入力高周波信号を光学的に信号処理することにより、それぞれ上記各電波の到来方向に対応する位相と対応する入力高周波信号と同一の周波数とを有するM個の信号成分を含み、上記各アンテナ素子に対応する複数N個の光学処理信号を出力する光学信号処理手段と

上記各アンテナ素子に対応して設けられ、対応するアンテナ素子によって受信される受信信号と、当該アンテナ素子に対応して上記光学信号処理手段から出力される上記光学処理信号とを混合して、当該受信信号の周波数と当該光学処理信号の周波数との差の周波数を有する周波数変換信号を出力する複数N個の周波数変換手段と、

上記複数N個の周波数変換手段から出力される複数N個の周波数変換信号を合成する合成器とを備え、

上記各電波の周波数とそれぞれ中間周波数だけ異なる周波数を有するM個の参照信号が上記入力高周波信号として入力されたときに、上記合成器から、それぞれ上記各中間周波数を有しかつ上記各電波に対応したM個の中間周波数信号を、受信信号として出力することを特徴とする光制御型フェーズドアレーアンテナ。

【請求項2】 上記光学信号処理手段が、基準周波数に設定された基準ビーム光と、それぞれ上記基準ビーム光に等しい位相を有しかつ上記基準周波数からそれぞれ入力高周波信号の周波数だけ異なる周波数に設定された複数M個の信号処理ビーム光とを発生して出力する光発生手段と、

上記各信号処理ビーム光を上記各電波の到来方向に対応した位置から互いに実質的に同一方向に放射し、かつ上記基準ビーム光を上記各信号処理ビーム光と実質的に同一方向に放射する光放射手段と

上記光放射手段から放射された上記各信号処理ビーム光と基準ビーム光とを、所定の像平面に集光して、当該像平面上に干渉縞を形成する集光手段と

上記像平面上の上記各アンテナ素子に対応した位置にそれぞれ設けられた複数N個の光検出手段によって、上記干渉縞を空間的にサンプリングして、上記各アンテナ素子に対応した複数N個のサンプリングビーム光を出力するサンプリングアレーと

上記各サンプリングビーム光を光電変換する光電変換手段とを備え、複数N個の光学処理信号を出力する請求項1記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

【請求項3】 上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、

上記各アンテナ素子に対応して設けられ、受信時又は送信時の一方の時に、上記光学信号処理手段から出力される上記光学処理信号の位相を所定させ、対応

する上記各周波数変換手段又は対応する上記各アンテナ素子に出力するM個の位相反転手段を備え、

所定の変調方式で変調されたM個の送信信号が、上記入力高周波信号として上記光学信号処理手段に入力されたときに、上記各光学処理信号を対応する各アンテナ素子から放射することにより、上記M個の電波の到来方向にそれぞれ高周波ビームを形成して対応する各送信信号を空間に放射する請求項1又は2記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

10 【請求項4】 上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、

上記各電波の到来方向に対応して設けられ、上記送信信号と上記参照信号とを切り替えて上記光学信号処理手段に入力するM個の入力切換手段と、

送信時に上記送信信号が上記光学信号処理手段に入力され、受信時に上記参照信号が上記光学信号処理手段に入力されるように、上記各入力切換手段を制御する制御手段とを備えた請求項3に記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

20 【請求項5】 上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、

上記各アンテナ素子に対応して設けられ、光学信号処理手段から出力される光学処理信号が上記周波数変換手段又は上記位相反転手段に入力されるように切り替える第1の切換手段と

上記各アンテナ素子に対応して設けられ、上記各アンテナ素子で受信された受信信号が上記周波数変換手段に入力され、又は上記位相反転手段から出力される信号が上記各アンテナ素子に入力されるように切り替える第2の切換手段とを備え、

30 上記制御手段が、送信時に上記光学処理信号が上記位相反転手段を介してアンテナ素子に伝送されるように、受信時には、上記光学処理信号と各アンテナ素子で受信された受信信号とが周波数変換手段に入力されるように上記第1と第2の切換手段を制御する請求項4記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

【請求項6】 上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、

上記各アンテナ素子に対応して設けられ、第1の端子を介して各位相反転手段から入力される信号を第2の端子を介して各アンテナ素子に出力し、第2の端子を介して各アンテナ素子から入力される各受信信号を第3の端子を介して上記各周波数変換手段に出力する複数N個のサーキュレータと

上記各位相反転手段に対応して設けられ、入力される上記光学処理信号のうち上記各送信信号と等しい周波数を有する信号を通過させて上記各位相反転手段に入力する複数N個の第1の帯域通過フィルタと、

上記各周波数変換手段に対応して設けられ、入力される上記光学処理信号のうち上記入力高周波信号と等しい、同

3

波数を有する参照信号を通過させて上記周波数変換手段に入力する複数の第2の帯域通過フィルタとを備えた請求項4記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

【請求項7】 上記光学信号処理手段がさらに 上記放射手段を移動させる移動手段を備えたことを特徴とする請求項1～6のうちの1つに記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は 光空間において高周波信号を処理することにより、デジタル信号処理をすることなく、所定方向から到来する複数の電波を受信し、又は所定方向に電波を送信する光制御型フェーズドアレーアンテナに関する。

【0002】

【従来の技術】図16は 特開平03-044202号公報に開示された第1の従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナのブロック図である。図16において、光放射器101は 光放射器101の内部に設けられたレーザダイオードから放射されるビーム光を2つの分岐光に分岐し、一方の分岐光をそのまま第1のビーム光103として出力し、他方の分岐光の周波数を発振器102から入力される無線信号の周波数だけ周波数変換させてビーム幅dの第2のビーム光104として出力する。

【0003】光放射器101から放射された第1のビーム光103は、ミラー105を介してイメージマスク106に入射され、イメージマスク106を透過する。イメージマスク106は、入射された第1のビーム光103を扇形ビームパターンなどの所望のアンテナ放射パターンのビーム形状に対応したビーム光107に変換して、フーリエ変換レンズ8に放射する。次いで、フーリエ変換レンズ8は、入射されたビーム光107を空間的にフーリエ変換して、変換後のビーム幅dのビーム光109をビーム合成器10に放射する。一方、光放射器101から放射された第2のビーム光104は分布調整器131に放射され、分布調整器131は、第2のビーム光104を所定のビーム幅に調整し、調整後の第2のビーム光を基準ビーム光132としてビーム合成器10に放射する。ビーム合成器10は、フーリエ変換レンズ8からのビーム光109と分布調整器131からの基準ビーム光132とを混合して合成した後、ビーム幅dの合成光111をファイバアレー12に放射する。

【0004】ファイバアレー12は、所定の間隔を置かれてサンプリング光ファイバの長手方向が平行になるように、ある平面に並置された複数のM本のサンプリング光ファイバからなり、このファイバアレー12に入射される合成光111は、空間的にサンプリングされる各サンプリング光ファイバに入射される。各サンプリング光ファイバに入射された各ビーム光は、それぞれM本の光ファイバケーブル13-1乃至13-Mを介して、光電変換

(3)

特開平10-65434

4

換器14-1乃至14-Mに入射される。光電変換器14-1乃至14-Mはそれぞれ、入射されたビーム光を上記第1のビーム光103と上記第2のビーム光104の差の周波数であって、入力されるビーム光の振幅に比例しかつその位相に一致した無線信号に光電変換した後、電力増幅器15-1乃至15-Mと給電線16-1乃至16-Mとを介して直線上又は平面上で並置されるアンテナ素子17-1乃至17-Mに出力する。これによって、無線信号がアンテナ素子17-1乃至17-Mから上記イメージマスク6で設定される放射パターンで空間に放射されるというものである。

【0005】また、光空間で処理された高周波信号を用いて、アレーアンテナで受信された信号を処理する試み（以下、第2の従来例という。）は 従来技術文献「G. A. Koept, "Optical processor for phased array antenna beamforming", SPIE 477, pp. 75~81, 1984年5月」に示されている。

20 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図16に示した第1の従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナは、到来する電波を受信することができないという問題点と、複数の無線信号を放射することができないという問題点があった。また、上記従来技術文献に示された第2の従来例は、複数の信号を受信することができないという問題点があった。また、第1及び第2の従来例は、いずれもビーム合成器を用いて構成しているため、光軸を一致させるアライナー調整が難しく、光学処理系が大きくなるという問題点があった。

30 【0007】本発明の第1の目的は、以上の問題点を解決して、所定方向から到来する複数の電波を受信することができる小型で構成が簡単な光制御型フェーズドアレーアンテナを提供することにある。

【0008】また、本発明の第2の目的は、以上の問題点を解決して、所定方向から到来する複数の電波を受信することができ、かつ上記複数の電波の各到来方向に高周波ビームを形成して、複数の送信信号を送信できる小型で構成が簡単な光制御型フェーズドアレーアンテナを提供することにある。

40 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の入力高周波信号を光学空間で処理することにより、デジタル信号処理をすることなく所定の位相傾斜を有する複数の信号を生成する光学信号処理手段と、当該信号処理手段から出力される複数の信号を用いて受信信号を処理することにより、それぞれ所定方向から到来する複数の電波に対応する各中間周波数信号を出力する回路とを備えて、完成させたものである。すなわち、本発明に係る光制御型フェーズドアレーアンテナは、複数のM本のアンテナ

(4)

特開平10-65434

5

ナ素子からなるアレーアンテナを備え、それぞれ所定の方向から到来するM個の電波を受信して出力するフェーズドアレーアンテナであって、M個の入力高周波信号を光学的に信号処理することにより、それぞれ上記各電波の到来方向に対応する位相と対応する入力高周波信号と同一の周波数とを有するM個の信号成分を含み、上記各アンテナ素子に対応する複数N個の光学処理信号を出力する光学信号処理手段と、上記各アンテナ素子に対応して設けられ、対応するアンテナ素子によって受信される受信信号と、当該アンテナ素子に対応して上記光学信号処理手段から出力される上記光学処理信号とを混合して、当該受信信号の周波数と当該光学処理信号の周波数との差の周波数を有する周波数変換信号を出力する複数N個の周波数変換手段と、上記複数N個の周波数変換手段から出力される複数N個の周波数変換信号を合成する合成器とを備え、上記各電波の周波数とそれぞれ中間周波数だけ異なる周波数を有するM個の参照信号が上記入力高周波信号として入力されたときに、上記合成器から、それぞれ上記各中間周波数を有しかつ上記各電波に対応したM個の中間周波数信号を、受信信号として出力することを特徴とする。

【0010】また、本発明において、上記光学信号処理手段を小型に構成し、かつアライナー調整を簡単にするために、上記光学信号処理手段が、基準周波数に設定された基準ビーム光と、それぞれ上記基準ビーム光に等しい位相を有しかつ上記基準周波数からそれぞれ入力高周波信号の周波数だけ異なる周波数に設定された複数M個の信号処理ビーム光とを発生して出力する光発生手段と、上記各信号処理ビーム光を上記各電波の到来方向に対応した位置から互いに実質的に同一の方向に放射し、かつ上記基準ビーム光を上記各信号処理ビーム光と実質的に同一の方向に放射する光放射手段と、上記光放射手段から放射された上記各信号処理ビーム光と基準ビーム光とを、所定の像平面に集光して、当該像平面上に干渉縞を形成する集光手段と、上記像平面上の上記各アンテナ素子に対応した位置にそれぞれ設けられた複数N個の光検出手段によって、上記干渉縞を空間的にサンプリングして、上記各アンテナ素子に対応した複数N個のサンプリングビーム光を出力するサンプリングアレーと、上記各サンプリングビーム光を光電変換する光電変換手段とを備え、複数N個の光学処理信号を出力することが好ましい。

【0011】また、本発明においてさらに、上記各アンテナ素子に対応して設けられ、受信時又は送信時の一方の時に、上記光学信号処理手段から出力される上記各光学処理信号の位相を反転させて、対応する上記周波数変換手段又は対応する上記アンテナ素子に出力するM個の位相反転手段を備えることにより、所定の変調方式で変調されたM個の送信信号が、上記入力高周波信号より上記光学信号処理手段に与えられたとき、上記

6

各光学処理信号を対応する各アンテナ素子から放射することにより、上記M個の電波の到来方向にそれぞれ高周波ビームを形成して対応する各送信信号を空間に放射する送受信型の光制御型フェーズドアレーアンテナを構成できる。

【0012】また、本発明においては、上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、上記各電波の到来方向に対応して設けられ、上記送信信号と上記参照信号とを切り替えて上記光学信号処理手段に入力するM個の入力切換手段と、送信時に上記送信信号が上記光学信号処理手段に入力され、受信時に上記参照信号が上記光学信号処理手段に入力されるように、上記各入力切換手段を制御する制御手段とを備えることが好ましい。

【0013】本発明では、上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、上記各アンテナ素子に対応して設けられ、光学信号処理手段から出力される光学処理信号が上記周波数変換手段又は上記位相反転手段に入力されるように切り替える第1の切換手段と、上記各アンテナ素子に対応して設けられ、上記各アンテナ素子で受信された受信信号が上記周波数変換手段に入力され、又は上記位相反転手段から出力される信号が上記各アンテナ素子に入力されるように切り替える第2の切換手段とを備え、上記制御手段が、送信時に上記光学処理信号が上記位相反転手段を介してアンテナ素子に伝送されるように、受信時には、上記光学処理信号と各アンテナ素子で受信された受信信号とが周波数変換手段に入力されるように上記第1と第2の切換手段を制御することにより、上記光学信号処理手段と上記周波数変換手段及び位相反転手段からなる送受信回路とを同期させて、送受信を切り替えることができる。

【0014】また、本発明では、送受信を切り替えるために、上記光制御型フェーズドアレーアンテナがさらに、上記各アンテナ素子に対応して設けられ、第1の端子を介して上記各位相反転手段から入力される信号を第2の端子を介して各アンテナ素子に出力し、第2の端子を介して各アンテナ素子から入力される各受信信号を第3の端子を介して上記各周波数変換手段に出力する複数N個のサーキュレータと、上記各位相反転手段に対応して設けられ、入力される上記光学処理信号のうち上記各送信信号と等しい周波数を有する信号を通過させて上記各位相反転手段に入力する複数N個の第1の帯域通過フィルタと、上記各周波数変換手段に対応して設けられ、入力される各光学処理信号のうち上記入力高周波信号と等しい周波数を有する参照信号を通過させて上記周波数変換手段に入力する複数N個の第2の帯域通過フィルタとを備えるようにしてもよい。

【0015】また、本発明は、上記各光学信号処理手段が、上記放射手段を移動させる移動手段を備えることにより、受信することができる電波の到来方向及び高周波ビームの形成方向とを変化させることができる。

(5)

特開平10-65434

8

7

【0016】

【発明の実施の形態】以下 図面を参照して本発明に係る実施の形態について説明する。

<第1の実施形態>図1は 本発明に係る第1の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナの構成を示すブロック図である。当該第1の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナは、複数N個のアンテナ素子17-1~17-Nが一直線上に等間隔で配列されたアレーアンテナ17と送受信モジュール60と光学信号処理装置10と合成器66とを備えて、以下のように送受信すること

を特徴とする。

【0017】すなわち、受信時には

(1) 各アンテナ素子17-n ($n=1, 2, 3, \dots, N$ 以下本明細書において同様とする。)は、所定の複数M個の基地局から送信された電波Rw(m) ($m=1, 2, 3, \dots, M$ 、以下本明細書において同様とする。)をそれぞれ、隣接したアンテナ素子間において各電波Rw(m)の到来方向に対応した位相差 β_m で受信して それぞれ受信した受信信号R(n)を送受信モジュール60に出力する。ここで、受信信号R(n)は、到来する複数M個の各電波Rw(m)に対応する各受信信号成分Re(m, n)を有し、受信信号成分Re(m, 1)~受信信号成分Re(m, N)は電波Rw(m)の到来方向に対応した位相傾斜を有する。

(2) 光学信号処理装置10は、入力される複数M個の入力高周波信号S(m)を光学的に処理をすることにより それぞれ各電波Rw(m)に対応する各参照信号成分Rce(m, n)を有し、各受信信号R(n)に対応したN個の参照信号Rc(n)を生成して、送受信モジュール60に出力する。ここで、各参照信号成分Rce(m, n)は 詳細後述するように光学的に信号処理がされているので、各受信信号成分Re(m, n)の周波数と比較して、中間周波数 $f_{if}(m)$ だけ低い周波数を有しかつ各受信信号成分Re(m, n)と逆の位相を有する。すなわち、参照信号成分Rce(m, 1)~参照信号成分Rce(m, N)は、受信信号成分Re(m, 1)~受信信号成分Re(m, N)と逆の位相傾斜を有する。

(3) 送受信モジュール60は、参照信号Rc(n)の各参照信号成分Rce(m, n)の位相を反転させた後、入力される受信信号R(n)と対応する参照信号Rc(n)とを混合して、受信信号R(n)の周波数と参照信号Rc(n)の周波数との差の周波数を有する各中間周波数信号IF_a(n)を合成器66に出力する。ここで、受信信号R(n)と参照信号Rc(n)とはそれぞれ、複数M個の受信信号成分Re(m, n)と複数M個の参照信号成分Rce(m, n)とを含んでいるので、中間周波数信号IF_a(n)は、各受信信号成分Re(m, n)と各参照信号成分Rce(m, n)の差の各中間周波数 $f_{if}(m)$ を有する各中間周波数信号成分

IF(m, n)を含む。

(4) 合成器66は、入力される複数N個の中間周波数信号IF_a(n)を合成して、中間周波数信号IFを出力する。ここで、中間周波数信号IFには、図7に示すように、アレーアンテナ17に到来する各電波Rw(m)に対応する複数M個の中間周波数信号IF_a(m)を含む。この中間周波数信号IF_a(m)はN個の中間周波数信号成分IF(m, n)が合成された信号である。

以上のようにして、アレーアンテナ17で受信された信号のうち、各参照信号Rce(m, n)の位相が反転された後の上記参照信号成分Rce(m, n)と位相傾斜が一致する信号が合成器66から出力され、一致しない信号は実質的に出力されない。すなわち、アレーアンテナ17に到来する電波の中から所望の電波Rw(m)のみを受信して、当該電波Rw(m)に対応する各中間周波数信号IF_a(m)を出力する。

【0018】また、送信時には、

(1) 光学信号処理装置10は、入力される複数M個の送信信号T(m)を光学的に処理をして、各アンテナ素子17-nに対応した複数N個のアンテナ放射信号T_a(n)を生成して送受信モジュール60に出力する。ここで、各アンテナ放射信号T_a(n)は、各アンテナ放射信号T_a(n)が対応する各アンテナ素子17-nから放射された時に、送信信号T(m)が所定の方向に高周波ビームB(m)を形成して放射されるように、光学的に信号処理された高周波信号であって、それぞれ送信信号T(m)に対応した複数M個の送信信号成分Te(m, n)を含む。そして、この送信信号成分Te(m, 1)~Te(m, N)は、送信信号T(m)の送信方向に対応した位相傾斜を有する。

(2) 送受信モジュール60は、入力された各アンテナ放射信号T_a(n)をそれぞれ、電力増幅した後、対応する各アンテナ素子17-nに出力する。

(3) アレーアンテナ17は、入力される各アンテナ放射信号T_a(n)を対応する各アンテナ素子17-nから放射することにより、送信信号T(m)を所定の方向に高周波ビームB(m)を形成して放射する。

【0019】以下、図1~図3を参照して、第1の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナの構成を詳細に説明する。図1に示すように、当該光制御型フェーズドアレーアンテナにおいて、複数M個の高周波発振器4-mはそれぞれ、対応するアンテナ素子で受信された受信信号R(n)と比較して中間周波数 $f_{if}(m)$ だけ低い周波数を有する高周波信号So(m)を発生してスイッチSW1-mのb接点に出力する。ここで、複数M個のスイッチSW1-mはそれぞれ共通端子とa接点、b接点を有し、共通端子が光学信号処理装置10に接続され、後述する送受信切換制御器67からのスイッチ制御信号C₁に依り、a接点又はb接点に切り替わられ、

9

高周波信号 $S_o(m)$ 又は送信信号 $T(m)$ を入力高周波信号 $S(m)$ として光学信号処理装置10に入力する。ここで、各送信信号 $T(m)$ は、所定のベースバンド信号に従って、例えばPSK、QAMなどの所定の変調方式で変調されている。また、送受信切換制御器67は、所定の時間間隔で送受信を切り替えるようにスイッチSW1-mを制御する。

【0020】また、図2に示すように、光学信号処理装置10は、位相同期型光放射器1と放射レンズアレー20とフーリエ変換レンズ8とファイバアレー12と複数N個の光電変換器14-nと複数N個の帯域通過フィルタ15-nからなる。当該光学信号処理装置10において、入力高周波信号 $S(1) \sim S(M)$ は位相同期型光放射器1に入力され、位相同期型光放射器1は、詳細後述するように所定の周波数 f_0 を有する基準ビーム光を光ファイバケーブル6を介して放射レンズアレー20に出力する一方、基準ビーム光の周波数 f_0 からそれぞれ入力される複数M個の入力高周波信号 $S1 \sim SM$ の各周波数だけ異なる複数M個のビーム光 $L1 \sim LM$ を放射レンズアレー20に出力する。

【0021】すなわち、位相同期型光放射器1は、図3に示すように、レーザダイオード18-1 \sim 18-M、19と、光分配器21-1 \sim 21-M、22、23と、ビーム合成器33-1 \sim 33-Mと、光電変換器34-1 \sim 34-Mと、信号比較器35-1 \sim 35-Mとを備える。位相同期型光放射器1において、入力高周波信号 $S(1) \sim S(M)$ はそれぞれ、図3に示すように、信号比較器35-1 \sim 35-Mに入力される。また、位相同期型光放射器1において、各レーザダイオード18-mは、所定の周波数を有するビーム光を発生して出力する。光分配器21-mは、例えばビームスプリッタ等からなり、レーザダイオード18-mから出力されるビーム光を2分配して、一方の分岐ビーム光をビーム光 L_m として位相同期型光放射器1に接続された放射レンズアレー20に出力し、他方の分岐ビーム光をビーム合成器33-mに出力する。

【0022】一方、レーザダイオード19は、所定の周波数 f_0 を有する基準ビーム光を発生して出力する。光分配器22は、例えばビームスプリッタ等からなり、レーザダイオード19から出力される基準ビーム光を2分配して、一方の分岐基準ビーム光を基準ビーム光として光ファイバケーブル6を介してGRINレンズ2-rに出力し、他方の分岐基準ビーム光を光分配器23に出力する。光分配器23は、光分配器22から出力された他方の分岐基準ビーム光を複数M個に分配して、分配した分岐基準ビーム光をそれぞれビーム合成器33-1 \sim 33-Mに出力する。

【0023】ビーム合成器33-mは、光分配器23から入力された分岐基準ビーム光と光分配器21-mから出力された分岐ビーム光とを合流して、合流後の合流ビ

(6)

特開平10-65434

10

ーム光を光電変換器34-mに出力する。光電変換器34-mは、入力された合成ビーム光を分岐ビーム光と分岐基準ビーム光との差の周波数を有する無線信号に光電変換して信号比較器35-mに出力する。信号比較器35-mは、光電変換器34-mから入力される無線信号とSW1-mを介して入力される無線信号 $S(m)$ とを比較し、2つの信号の周波数差に比例した誤差電圧信号 C_m をレーザダイオード18-mに出力する。この誤差電圧信号 C_m にตอบสนองしてレーザダイオード18-mの励起電流が変化し、これによりレーザダイオード18-mの発振周波数が変化する。

【0024】以上のように構成された位相同期型光放射器1においては、信号比較器35-mに入力される2つの無線信号の各周波数が一致するように、レーザダイオード18-mの発振周波数が制御される。従って、光分配器21-mから出力されるビーム光 L_m の周波数 $f_0 + f_m(m)$ と、光分配器22から出力される基準ビーム光の周波数 f_0 との差の周波数は、入力高周波信号 $S(m)$ の周波数 $f_m(m)$ に一致するように制御される。ここで、位相同期型光放射器1から出力される各ビーム光を放射レンズアレー20に伝送する光ファイバケーブル3-1 \sim 3-Mの各長さは、互いに同一に設定され、これにより、位相同期型光放射器1から出力される各ビーム光 $L1 \sim LM$ の位相同期型光放射器1から放射レンズアレー20までの間のビーム光の各遅延量は同一に設定される。

【0025】放射レンズアレー20は、図4に示すように、複数(M+1)個の勾配屈折率レンズ（以下、本明細書においてはGRINレンズと称する）2-1 \sim 2-M、2-rが後述するフーリエ変換レンズ8の光軸30に対して垂直な1次元方向に配列されてなる。そして、GRINレンズ2-1 \sim 2-Mはそれぞれ、入力されるビーム光 $L1 \sim LM$ を、後述する入方面P12においてビーム径が ω_1 になるように所定のビーム幅に広げて、ガウス分布ビーム光GB1 \sim GBMとして、ガウス分布ビーム光GB1 \sim GBMの各軸が互いに平行になるようにフーリエ変換レンズ8に放射する。また、GRINレンズ2-rは、入力される基準ビーム光を入方面P12においてビーム径が ω_1 になるように所定のビーム幅に広げて、ガウス分布ビーム光GBrとして、当該ビーム光GBrの軸がガウス分布ビーム光GB1 \sim GBMの各軸と平行になるようにフーリエ変換レンズ8に放射する。ここで、放射レンズアレー20はGRINレンズ2-1 \sim 2-M、2-rの各出力面がフーリエ変換レンズ8の一方の焦点面P20に一致するように、かつ放射レンズアレー20の中央に設けられたGRINレンズ2-mcの光軸が光軸30と一致するように設けられる。また、GRINレンズ2-1 \sim 2-M、2-rは、屈折率が半径方向に連続的に変化するような分布を有する円柱形のレンズであり、その四角の出力面の直径は放射ビ

(7)

特開平10-65434

11

るガウス分布ビームのビームウエスト径 ω_0 である。光ファイバケーブル3-1~3-M、3-rはそれぞれ、コア3a-1~3a-M、3a-rとクラディング3b-1~3b-M、3b-rからなり、コア3a-1~3a-M、3a-rの軸がGRINレンズ2-1~2-M、2-rの各光軸に一致するように接続される。

【0026】フーリエ変換レンズ8は、図2に示すように、放射レンズアレー20から放射された複数(M+1)個のガウス分布ビーム光GB1~GBM、GBrをフーリエ変換レンズ8の他方の焦点面で重ね合わせるように集光させて、ガウス分布ビーム光GB1~GBM、GBrが集光されて合成された合成ビーム光11をファイバアレー12に入射する。これによって、ガウス分布ビーム光GB1~GBMは空間的にフーリエ変換されて、ガウス分布ビーム光GB1~GBMの各放射位置に対応する位相傾斜を有するフーリエ変換ビーム光に変換される。従って、合成ビーム光11は、複数M個のフーリエ変換ビーム光と基準ビーム光とからなる。なお、フーリエ変換レンズについては、例えば、従来技術文献「大越孝敬著「光エレクトロニクス」電子情報通信学会編、電子情報通信学会大学シリーズ、F-10、55頁~58頁、昭和57年8月15日発行」に開示されている。

【0027】ファイバアレー12は、複数N本のサンプリング光ファイバ12-1~12-Nからなり、ファイバアレー12の入力面P12がフーリエ変換レンズ8の他方の焦点面に位置するように設けられる。サンプリング光ファイバ12-1~12-Nは、図5に示すように、サンプリング光ファイバ12-1~12-Nの各軸が互いに平行になるように、かつサンプリング光ファイバ12-1~12-Nの検出面がファイバアレー12の入力面P12に位置するように所定の間隔d₁を隔てて直線上に並置されている。そして、ファイバアレー12は、その中央に位置するサンプリング光ファイバ12-nの軸が光軸30と一致するようにかつサンプリング光ファイバ12-1~12-Nの配列方向が放射レンズアレー20のGRINレンズ2-1~2-Mの配列方向と互いに平行となり一致するように設けられる。

【0028】これによって、ファイバアレー12は、各サンプリング光ファイバ12-1~12-Nの検出面によって、入射される合成ビーム光11をファイバアレー12の入力面P12において空間的にサンプリングして、サンプリングされた各サンプリングビーム光を、それぞれ光ファイバケーブル13-1~13-Nを介して、各光電変換器14-1~14-Nに出力する。ここで、サンプリングビーム光は空間的にサンプリングされた複数M個のフーリエ変換ビーム光と空間的にサンプリングされた基準ビーム光とからなる。

【0029】光電変換器14-1~14-Nはそれぞれ、入力される各サンプリングビーム光と、基準ビーム

12

光の周波数f₀から複数M個のフーリエ変換ビーム光の各周波数だけ異なる周波数をそれぞれ有し、各フーリエ変換ビーム光の振幅に比例しかつその位相に一致した複数M個の無線信号成分からなる光学処理信号TR(n)に光電変換した後、当該光学処理信号TR(n)を、それぞれ帯域通過フィルタ15-nを介して送受信モジュール60に出力する。ここで、受信時における上記各光学処理信号TR(n)は、上述の各参照信号Rc(n)に相当し、上述の複数M個の無線信号成分は参照信号成分Rce(m,n)に相当し、送信時には、上記各光学処理信号TR(n)は、各アンテナ放射信号I_a(n)に相当し、上述の複数M個の無線信号成分は送信信号成分Te(m,n)に相当する。また、帯域通過フィルタ15-1~15-Nはそれぞれ、各参照信号Rc(n)及び各アンテナ放射信号I_a(n)を通過させるように構成される。

【0030】また、送受信モジュール60は、図1に示すように、各アンテナ素子17-nに対して、位相反転器61-nと電力増幅器62-nと混合器63-nと、それぞれ共通端子とa接点及びb接点とを備えた1対のスイッチSW2-n、SW3-nとからなる1組の回路を対応させて構成する。すなわち、スイッチSW2-nの共通端子には光学信号処理装置10から光学処理信号TR(n)が入力され、スイッチSW3-nの共通端子にはアンテナ素子17-nが接続される。そして、スイッチSW2-nのa接点とSW3-nのa接点との間に電力増幅器62-nが接続され、スイッチSW2-nのb接点とSW3-nのb接点との間に位相反転器61-nと混合器63-nとが直列に接続される。この位相反転器61-nは、光学処理信号TR(n)として入力される参照信号Rc(n)の位相を反転させて混合器63-nに出力する。ここで、スイッチSW2-n、SW3-nは送受切換制御器67によって、送信時にはa接点に切換られ、受信時にはそれぞれb接点に切換られるように制御される。

【0031】また、送受信モジュール60の各混合器63-nから出力される各中間周波数信号IF_n(n)は、帯域通過フィルタ64-nと中間周波数信号増幅器65-nとを介して合成器66に入力される。ここで、各混合器63-nは2次以上の非線形入出力特性を有し、入力される参照信号Rc(n)と受信信号R(n)との差の周波数を有する信号を含む種々の信号を出力し、帯域通過フィルタ64-nは混合器63-nから出力される信号のうち、参照信号Rc(n)と受信信号R(n)との差の周波数を有する信号のみを通過させて出力する。すなわち、混合器63-nと帯域通過フィルタ64-nとによって周波数変換手段が構成される。そして、合成器66は、入力される複数N個の中間周波数信号IF₁(1)~IF_N(N)を合成して合成後の中間周波数信号IFを復調器68に出力する。復調器68は、

13

入力される中間周波数信号IFから、各電波RW(m)に含まれている各ベースバンド信号を復調して出力する。

【0032】以上の様に構成された第1の実施形態の光制御型フェースドアレーアンテナにおいて、受信時は送受信切替制御器67によって、各スイッチSW1-m, SW2-n, SW3-nがそれぞれb接点に切り換えられる。これによって、光学信号処理装置10に高周波信号So(m)が入力され、当該信号So(m)に基づいて参照信号Rc(n)が生成されてスイッチSW2-nと位相反転器61-nとを介して混合器63-nに入力される。一方各アンテナ素子17-nで受信された受信信号R(n)は、スイッチSW3-nを介して混合器63-nに入力される。混合器63-nに入力された受信信号R(n)と参照信号Rc(n)は混合されて、混合後の中間周波数信号Ifa(n)が帯域通過フィルタ64-nと中間周波数信号増幅器65-nとを介して、合成器66に入力されて合成され、復調器68で復調された後、復調信号が出力される。

【0033】また、送信時は、送受信切替制御器67によって、各スイッチSW1-m, SW2-n, SW3-nがそれぞれa接点に切り換えられる。これによって、光学信号処理装置10に送信信号I(m)が入力され、当該信号I(m)に基づいてアンテナ放射信号Ia(n)が生成されてスイッチSW2-nを介して位相反転器61-nに入力される。そして、位相が反転されたアンテナ放射信号Ia(n)は、電力増幅器63-nとスイッチSW3-nを介してアンテナ素子17-nから空間に放射され、各アンテナ素子から放射されたアンテナ放射信号Ia(n)は、送信信号I(m)に対応した高周波ビームを所定方向に形成して送信する。

【0034】次に、以上のように構成された光学信号処理装置10によって、電波RW(m)の到来方向及び高周波ビームB(m)の形成方向に対応した所定の位相傾斜を有する参照信号Rc(n)及びアンテナ放射信号Ia(n)を生成する原理を説明する。図6は、光学信号処理装置10に入力される複数M個の入力高周波信号S(1)～S(M)に対応して、放射レンズアレー20から放射されるガウス分布ビーム光GBkがフーリエ変換レンズ8によってファイバアレー12の入力面P20に集光される様子を示す図である。図6では、簡単に示すために、中央に基準のガウス分布ビーム光GBrを放射するGRINレンズ2-rを設けた放射レンズアレー20aを用いて示し、3つのGRINレンズ2-1, 2-r, 2-Mから、ガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMを放射した場合について示している。各GRINレンズ2-1, 2-r, 2-MはそれぞれGRINレンズ2-1, 2-r, 2-Mの各軸GA1, GAR, GAMがフーリエ変換レンズ8の光軸に平行になるように傾けられているので、GRINレンズ2-1, 2-

(8)

特開平10-65434

14

-r, 2-Mからそれぞれ放射されるガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMは、各ビームの各軸GA1, GAR, GAMが互いに平行になるように放射されてフーリエ変換レンズ8に入射される。

【0035】従って、フーリエ変換レンズ8に入射されたガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMは、フーリエ変換レンズ8の他方の焦点面である入力面P12において、ガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMの各軸が一致するように集光されて、入力面P12に干渉縞を形成する。ここで、ガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMはそれぞれ、入力面P12において、後述の数7で表される ω のビーム径を有するので、干渉縞は入力面P12において光軸30を中心とする径が ω の集光部分に形成される。図6において、Gp1, Gp-r及びGpMを付して示す直線はそれぞれ、入力面P12におけるガウス分布ビーム光GB1, GB-r, GBMの位相傾斜を示す。この位相傾斜については、図11を用いて後述する。

【0036】次に、周波数fを有する入力高周波信号によって周波数変調されたガウス分布ビーム光GBm(mは、1又はMである。)と基準のガウス分布ビーム光GB-rとによって形成される干渉縞について説明する。ここで、ガウス分布ビーム光GBmは、光軸30からroだけ離れた位置から放射されるものとし、ガウス分布ビーム光GB-rは、光軸30上のGRINレンズ2-rから放射されるものとする。ガウス分布ビーム光GB-rとガウス分布ビーム光GBmとがそれぞれ入力面P12上の光軸30から距離xの位置に励起する電界ベクトルE_r, E_mは、次の数1、数2で表される。ここで、第1の実施形態の光制御型フェースドアレーアンテナにおいて、ビーム光を用いて入力高周波信号を安定してかつ効率よく処理するためには、異なる入射角で入力面P12に入射する2つのビーム光は、同一の傾斜面を持つように設定されるので、電界ベクトルE_r, E_mは、光軸30に対して垂直の同一方向を有する。

【0037】

【数1】 $E_r = A_r \exp(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot o \cdot t)$

【数2】 $E_m = A_m \exp(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot l \cdot t + j \cdot k \cdot x \cdot \sin \theta)$

【0038】ここで、入射角 θ は、ガウス分布ビーム光GBmの入射方向と光軸30との間の角度であり、kは当該ビーム光GBmの波長 λ を用いて $k = 2\pi/\lambda$ で表される波長定数である。従って、入力面P12における光軸30から距離xの位置での合計の電界ベクトルE_tは、数1で表される電界ベクトルE_rと数2で表される電界ベクトルE_mとの和として次の数3で表すことができ、当該位置における干渉縞の光の強度は、電界ベクトルE_rと電界ベクトルE_mの共役ベクトルE_r*を用いて次の数4で表すことができる。

【0039】

(9)

特開平10-65434

15

16

【数3】

$$\begin{aligned} E_T &= E_m + E_r \\ &= A_m \exp(j \cdot 2\pi \cdot f_0 \cdot t) + A_r \exp(j \cdot 2\pi \cdot f_1 \cdot t + j \cdot k \cdot x \cdot \sin \theta) \end{aligned}$$

【数4】

$$\begin{aligned} I &= E_T \cdot E_T^* \\ &= \{A_m \exp(j \cdot 2\pi \cdot f_0 \cdot t) + A_r \exp(j \cdot 2\pi \cdot f_1 \cdot t + j \cdot k \cdot x \cdot \sin \theta)\} \\ &\quad \times \{A_m \exp(-j \cdot 2\pi \cdot f_0 \cdot t) + A_r \exp(-j \cdot 2\pi \cdot f_1 \cdot t - j \cdot k \cdot x \cdot \sin \theta)\} \\ &= 2 A_m \cdot A_r + 2 A_m \cdot A_r \cos \{2\pi \cdot f_0 \cdot t + 2\pi \cdot r_0 \cdot x / (\lambda \cdot F)\} \end{aligned}$$

【0040】ここで、 f_1 はガウス分布ビーム光GBmの周波数であり、 r_0 はガウス分布ビーム光GBmを放射するGRINレンズの軸から光軸30までの距離であり、 f_0 はガウス分布ビーム光GBrの周波数である。すなわち、入力高周波信号の周波数 $f_0 = f_1 - f_0$ の関係がある。また、 λ は基準のガウス分布ビーム光GBrの波長であり、 F は、フーリエ変換レンズ8の焦点距離であり、波長 λ と焦点距離 F とはいずれも定数である。数4から明らかなように、強度 I は、入力高周波信号の周波数 f_0 と等しい周波数で正弦波振動をする。従って、この混合された光の信号が光電変換器に入力されると、光電変換器から、 $A_m A_r$ に比例する振幅と周波数 f_0 を有する無線信号を生成することができる。

【0041】ここで、一般的にGRINレンズから放射されるガウス分布ビーム光の断面における振幅は、ガウス分布をしていて、また理想的なレンズはビームサイズを変更するだけでビームモードは変化しないので、フーリエ変換レンズ8を介して伝搬するガウス分布ビーム光はそのままのガウスモードを保持していく。従って、入力面P12においても、ガウス分布ビーム光GBmとガウス分布ビーム光GBrとはガウス分布しているので、数1、数2の中の振幅 A_m 、 A_r はそれぞれ、次の数5、数6で表すことができる。ここで、入力面P12における集光部分の径 ω_0 は数7で表すことができる。

【0042】

$$\text{【数5】 } A_m = A_{m0} \exp(-x^2 / \omega_0^2)$$

$$\text{【数6】 } A_r = A_{r0} \exp(-x^2 / \omega_0^2)$$

$$\text{【数7】 } \omega_0 = \lambda F / (\pi \omega_0)$$

【0043】ここで、 ω_0 はガウス分布ビーム光GBm、GBrのビームウエストであり、 F はフーリエ変換レンズ8の焦点距離である。ガウス分布ビーム光GBmを放射するGRINレンズの軸から光軸30までの距離 r_0 がフーリエ変換レンズ8の焦点距離 F よりはるかに短い場合は、 $\sin \theta = r_0 / F \approx \theta$ で表すことができる。従って、入力面P12における干渉光による光励振強度分布は、図6において、 G_{1r} 、 G_{1l} 及び G_{1M} の符号を付して示すように位置 x の関数として表される。詳細は、図12のグラフを用いて後述する。ここで、図6において、 G_{1r} の符号を付して示すパターンは変化しない間隔されたガウス分布を示す。当該間隔が

ウス分布 G_{1r} の中に G_{1l} 及び G_{1M} の符号を付して示す点線は、正弦波振動をする光励振強度分布を示している。

【0044】第1の実施形態において、上述した正弦波振動をする光励振強度分布を、入力面P12において空間的にサンプリングしているので、サンプリング間隔は、正弦波振動をする光励振強度に対応する無線信号を検出するために、少なくとも1つのサンプリング光ファイバ12-nが、数4で表される干渉縞の隣接するヌルの間に位置するように設けることが好ましい。このために、我々は、隣接するサンプリング光ファイバ12-nの間隔 d_1 を、数8を満足するように設定した。従って、本光学信号処理装置10を用いて形成することができるビームの最大数 M_{max} は、数9で表すことができる。

【0045】

$$\text{【数8】 } d_1 \cdot r_0 / F \leq \lambda / 2$$

$$\text{【数9】 } M_{max} = \lambda F / (d_0 \cdot d_1)$$

【0046】ここで、 d_0 は隣接するGRINレンズ間の間隔である。次に、片側の焦点面に於けるガウス分布ビーム光の空間的な放射位置が反対側の焦点面に於いて、距離 x に対して線形の位相の変化をもたらすという集束レンズに関する周知のシフト原理を用いると、ガウス分布ビーム光GBrと任意のガウス分布ビーム光GBmとが混合されて形成された干渉縞に対応して励起される入力面P12に於ける電界である光励振強度分布は、次の数10のように表すことができる。

【0047】

$$\text{【数10】 } E_0(x) = A_{m0} A_{r0} \exp(-2x^2 / \omega_0^2) \cdot \exp\{j \cdot 2\pi \cdot x \cdot r_0 / (\lambda \cdot F)\}$$

【0048】ここで、数10は数4から導くこともでき、数10の虚数部は、2つのビーム光の間の周波数差に等しい周波数で時間とともに変化する干渉縞の瞬時値に関連する。また、混合ビームの約95%のエネルギーは、径 ω_0 の集光部に集中しているので、サンプリング光ファイバ12-nの数 N 、すなわちアンテナ素子数 N は次の数11を用いて決定される。

【0049】

$$\text{【数11】 } N = 2\omega_0 / d_1 = 2\lambda \cdot F / (\pi \cdot d_1 \cdot \omega_0)$$

【0050】以下、詳細な説明のために入力面P12

(10)

特開平10-65434

17

18

に形成される干渉縞は、数4及び数10に示すように、ガウス分布ビーム光の放射位置 r_0 と入力面P12におけるサンプリング光ファイバーの位置 x に対応した強度と位相とを有し、周波数 f_m で振動する。すなわち、数4から明かなように、当該干渉縞は、位置 x に比例した位相を有し周波数 f_m で振動し、当該位相の比例係数は放射位置 r_0 に比例する。従って、上述の振動する干渉縞の強度をサンプリングして光電変換することにより、ガウス分布ビーム光の放射位置 r_0 とサンプリング光ファイバーの位置 x に対応した強度と位相とを有し、周波数 f_m を有する高周波信号を生成することができる。以上が光学信号処理装置10の基本的な動作である。

【0051】次に、上述した光学信号処理装置10の基本的な動作をもとに、本実施形態の光制御型アレーアンテナにおける受信動作を説明し、次いで送信動作について説明する。まず、所定方向から到来する電波 $Rw(m)$ に対応して、各アンテナ素子 $17-n$ で受信される受信信号成分 $Re(m, n)$ は、次の数12で表すことができ、当該受信信号成分 $Re(m, n)$ に対応して、入力される入力高周波信号 $S(m)$ に基づいて光学信号処理装置10で生成され位相が反転された後の参照信号 $Re(n)$ に含まれる参照信号成分 $Rce(m, n)$ *

$$\begin{aligned} E_{12n} &= \\ &= AB \exp(-j\omega_{12n} t) \sum_{n=0}^{N-1} \exp\{-jn(\alpha_n - \beta_n)\} \\ &= AB \exp(-j\omega_{12n} t) \{1 - \exp(-jN\sigma_n)\} \{1 - \exp(-j\sigma_n)\} \\ &= AB \exp\{-j\omega_{12n} t - j(N-1)\sigma_n/2\} \cdot \sin(N\sigma_n/2) / \sin(\sigma_n/2) \end{aligned}$$

【0055】ここで、 $\omega_{12n} = \omega_{1n} - \omega_{1n}$ であり、 $\sigma_n = \alpha_n - \beta_n$ である。また、数15における $\sin(N\sigma_n/2) / \sin(\sigma_n/2)$ は、 $\sigma_n = q \cdot 2\pi$ ($q=0, 1, 2, \dots$) のときに最大値 N をとる。また、アンテナ素子の間隔が $1/2$ 波長より小さい場合のみを考えると、 $q \geq 1$ になる場合はない。従って、 $\sin(N\sigma_n/2) / \sin(\sigma_n/2)$ は、 $\sigma_n = 0$ のときに最大値 N をとる。本実施形態では、各電波 $Rw(m)$ の到来方向に対応してサンプリング光ファイバー12-nの位置 x と間隔 d 、及びガウス分布ビーム光GBmの放射位置を設定して、所定方向から到来する電波 $Rw(m)$ を受信して、当該電波 $Rw(m)$ に対応する各中間周波数信号 $IF(m)$ を出力するように構成している。

【0056】また、送信時も同様に、光学信号処理装置10を用いて、サンプリング光ファイバー12-nの位置 x と間隔 d 、及びガウス分布ビーム光GBmの放射位置 r_0 に対応した所定の位相傾斜を有する各アンテナ放射信号 $I_n(n)$ に対応するアンテナ素子 $17-n$ から送信することにより、所定方向に高周波ビーム B

*は、次の数13で表すことができる。

【0052】

【数12】 $E_{12n} = A \exp\{-j\omega_{12n} t - jn\beta_n\}$

【数13】 $E_{12n} = B \exp\{-j\omega_{12n} t - jn\alpha_n\}$

【0053】ここで、数12の ω_{12n} は電波 $Rw(m)$ の角周波数であり、 β_n は電波 $Rw(m)$ を隣接するアンテナ素子で受信したときの位相差である。また、数13の ω_{12n} は入力高周波信号 $S(m)$ の角周波数であり、 α_n は隣接するサンプリングファイバーでサンプリングされたサンプリングビーム光を光電変換して得られる、高周波信号 $S(m)$ に対応した参照信号成分間の位相差である。従って、受信信号成分 $Re(m, n)$ と参照信号成分 $Rce(m, n)$ とが混在されて出力される中間周波数信号成分 $IF_n(m, n)$ は、次の数14で表すことができ、合成器66で合成された後、すなわち、高周波ビーム Bm に対応して、各アンテナ素子 $17-n$ で受信された中間周波数信号成分 $IF(m, n)$ の総和である中間周波数信号 $IF_n(m)$ は、次の数15で表すことができる。

【0054】

【数14】 $E_{12n} = AB \exp\{-j(\omega_{12n} - \omega_{1n})t - jn(\alpha_n - \beta_n)\}$

【数15】

(m)を形成して送信している。ここで、本実施形態では各参照信号 $Rc(n)$ の位相を位相反転器61-nを用いて反転させているが、これは、到来する電波 $Rw(m)$ の到来方向に送信信号 $I(m)$ の高周波ビーム $B(m)$ を形成するためである。本発明では、これに限らず、アンテナ放射信号 $I_n(n)$ の位相を反転させることにより、電波 $Rw(m)$ の到来方向と送信信号 $I(m)$ の高周波ビーム $B(m)$ の形成方向とを一致するようにしてもよい。

【0057】また、アンテナ素子 $17-n$ によってアンテナ放射信号 $I_n(n)$ が放射されることによって形成される高周波ビーム $B(m)$ の遠視野放射パターンは、ファイバアレー12によって検出された干渉縞の瞬間のパターンは、光電変換器14-1~14-Nによって、ガウス分布として時間平均されるので、数10に基づいて次の数16で表すことができる。

【0058】

【数16】

(11)

特開平10-65434

29

$$\begin{aligned}
 & 19 \\
 & E_s(\theta) \\
 & N/2 \\
 & = \sum_{m=-N/2}^{N/2} A_{m0} A_{r0} \exp(-2m^2 d_1^2 / \omega_1^2) \cdot \exp(j \cdot m \cdot k (d_1 \cos \theta - d_1 \cdot r_0 / l)) \\
 & m=N/2
 \end{aligned}$$

【0059】ここで、 d_n は隣接するアレーアンテナ素子間の間隔である。すなわち、以上の原理を用いると、ガウス分布ビーム光GBmを放射する位置の光軸30からの距離 r_0 に対応して数16で表されるビームを所定

【0060】すなわち、送信時には 図1の光制御型フェーストアレーアンテナにおいて、GRINレンズ2-mから放射されてフーリエ変換レンズ8に入射されるガウス分布ビームGBmは、フーリエ変換レンズ8によって1回フーリエ変換されて、入力面P12におけるガウス分布ビームGBmのフーリエ変換像（すなわち、フラウンホーファ回折像）となり、当該フーリエ変換像がファイバアレー12によって、空間的にサンプリングされる。その後、アンテナ素子17-1～17-Nからなるアレーアンテナから放射されることにより、当該アレーアンテナの放射パターンは、当該アレーアンテナの開口における振幅位相分布のフーリエ変換像（すなわち、フラウンホーファ回折像）となる。すなわち、フーリエ変換レンズ8に入射されるガウス分布ビームGBmの振幅位相分布は2回フーリエ変換されるので、公知の通り、フーリエ変換レンズ8に入射されるガウス分布ビームGBmの振幅位相分布は、アレーアンテナによって放射された遠方界の無線信号Smの振幅位相分布に一義的に対応することになる。

【0061】ここで、フーリエ変換レンズ8に入射されるガウス分布ビームGBmの振幅位相分布は、ガウス分布ビームGBkを放射するGRINレンズ2-mの光軸30からの距離 r_0 に一義的に対応する。これによって、GRINレンズ2-mから放射されるガウス分布ビームGBmに対応してアレーアンテナから放射される無線信号Smの放射ビームは、GRINレンズ2-mの光軸30からの距離 r_0 に対応する所定の放射方向（図1の右側に示す）で放射される。

【0062】図1に示すように、放射レンズアレー20の中央に位置するGRINレンズ2-mから放射されるガウス分布ビームGBmに対応してアレーアンテナから放射される送信信号T(m)の高周波ビームB(m)は、アレーアンテナの放射面に対して垂直方向の放射方向を有し、放射レンズアレー20において光軸30から最も離れて位置するGRINレンズ2-1及びGRINレンズ2-Mから放射されるガウス分布ビームGB1及びガウス分布ビームGBMに対応してアレーアンテナから放射される送信信号T(1)及びT(M)に対応する各高周波ビームB(1)、B(m)は、アレーアンテナ17の放射面の垂直方向に対して最も大きな角度の放射方向を有する。

【0063】以上詳述したように、第1の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナは、光学信号処理装置10を備えて、それぞれ複数M個の参照信号成分Rc(m, n)を含む受信用の各参照信号Rc(n)を生成し、かつ複数M個の送信信号成分Te(m, n)を含む送信用の各アンテナ放射信号T(n)を生成している。ので、それぞれ所定の方向から到来する複数M個の電波Rw(m)を受信することができ、かつそれぞれ所定の方向に高周波ビームを形成して、複数M個の送信信号T(m)を送信することができる。

【0064】また、第1の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナは、光学信号処理装置10を備え、デジタル信号処理を行うことなく送信及び受信信号処理をしているので、高速でかつ簡単に信号処理をすることができる。

【0065】また、以上の第1の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナは、ガウス分布ビーム光GB1～GBM及び基準のガウス分布ビーム光GBrとを同一面内で放射する放射レンズアレー20を備えているので、ビーム合成器と分布調整器とを用いることなく構成でき、従来例に比較して、アライメント調整が簡単でかつ損失を小さくできしかも小型にできる。

【0066】この第1の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナは、送受信モジュール60において、スイッチSW2-n, SW3-nとを用いて送受信を切り替えているので、電波Rw(m)と当該電波に対応して送信する送信信号T(m)の周波数が互いに等しい場合でも動作させることができる。

【0067】＜第2の実施形態＞図8は、本発明に係る第2の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナの構成を示すブロック図である。この第2の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナは、図1の第1の実施形態の光制御型フェーストアレーアンテナにおいて、送受信モジュール60に代えて送受信モジュール70を用いて構成したことを特徴とし、電波Rw(m)と当該電波に対応して送信する送信信号T(m)の周波数が互いに異なる場合に適用できる。

【0068】すなわち、第2の実施形態の送受信モジュール70は、図8に示すように、各アンテナ素子17-nに対して、位相反転器61-nと電力増幅器62-nと混合器63-nと帯域通過フィルタ71-n, 72-nとサーキュレータ73-nとからなる1組の回路を対応させて構成する。ここで、サーキュレータ73-nは、第1端子～第3端子とを有し、その第1端子が各アンテナ素子17-nに接続される。そして、サーキュレータ73-nの第2端子は光学信号処理装置10の電波

(12)

特開平10-65434

21

通過フィルタ15-nとの間に、帯域通過フィルタ71-nと位相反転器61-nと電力増幅器62-nとが直列に接続され、サーキュレータ73-nの第3端子に混合器63-nの一方の入力端子が接続され、当該混合器63-nの他方の入力端子と帯域通過フィルタ15-nとの間に位相反転器61-nと帯域通過フィルタ72-nとが直列に接続される。

【0069】この送受信モジュール70において、サーキュレータ73-nは第1端子から入力される信号を第3端子から出力し、第2端子から入力される信号を第1端子から出力する。また、帯域通過フィルタ71-nは光学信号処理装置10から出力されるアンテナ放射信号 $I_A(n)$ を通過させかつ参照信号 $Rc(n)$ の通過を阻止するような通過特性を有し、帯域通過フィルタ72-nは光学信号処理装置10から出力される参照信号 $Rc(n)$ を通過させかつアンテナ放射信号 $I_A(n)$ の通過を阻止するような通過特性を有する。第2の実施形態では、送信周波数と受信周波数とは互いに異なる周波数に設定される。上述の点を除いて、第2の実施形態は、第1の実施形態と同様に構成され、図8において、図1と同様のものには、同様の符号を付して示す。

【0070】以上の様に構成された第2の実施形態の光制御型フェーストアレアンテナにおいて、受信時は送受信切換制御器67によって、各スイッチSW1-mがb接点に切換られる。これによって、第1の実施形態と同様に、参照信号 $Rc(n)$ が生成されて出力される。当該参照信号 $Rc(n)$ は帯域通過フィルタ72-nと位相反転器61-nとを介して混合器63-nに入力されて、アンテナ素子17-nで受信されサーキュレータ73-nを介して入力される受信信号 $R(n)$ と混合されて、第1の実施形態と同様に、混合後の中間周波数信号 $IF_A(n)$ が帯域通過フィルタ64-nと中間周波数信号増幅器65-nとを介して、合成器66に入力されて合成され、復調器68で復調された後出力される。

【0071】また、送信時は、送受信切換制御器67によって、各スイッチSW1-mがa接点に切換られる。これによって、光学信号処理装置10で、アンテナ放射信号 $I_A(n)$ が生成されて帯域通過フィルタ71-n、電力増幅器63-n及びサーキュレータ73-nを介してアンテナ素子17-nから空間に放射され、送信信号 $I(m)$ に対応した高周波ビームを所定方向に形成して送信する。

【0072】以上のように構成された第2の実施形態の光制御型フェーストアレアンテナは、第1の実施形態と同様の効果を有する。

【0073】＜第1の変形例＞図9は、本発明に係る第1の変形例の光制御型フェーストアレアンテナの光学信号処理装置10aの構成を示すブロック図である。当該光学信号処理装置10aは、図1の光学信号処理装置

22

10においてさらに、放射レンズアレー20を光軸30に対して垂直な方向で1次元で移動する移動機構57と、当該移動機構57の動作を制御する制御装置58とを設けたことを特徴とする。

【0074】この第1の変形例の光制御型フェーストアレアンテナにおいて、受信できる電波の到来方向及び放射パターン放射方向の制御は以下のように実行される。すなわち、電波の到来方向及び所望の放射方向に基づいて、制御装置58は、当該放射レンズアレー20を光軸30に対して垂直な方向で1次元で移動するように移動機構57を制御する。当該変形例の光制御型フェーストアレアンテナは、上述の点を除いて図1の第1の実施形態の光制御型フェーストアレアンテナと同様に動作する。

【0075】従って、図9の第1の変形例においては、受信できる電波の到来方向及び送信信号の放射方向を移動機構57を用いて変更することができ、第1の実施形態と同様の効果を有する。

【0076】また、以上の図9の変形例の光制御型フェーストアレアンテナでは、移動機構57によって、放射レンズアレー20の全体を動かすようにしたが、本発明はこれに限らず、放射レンズアレー20のGRINレンズ2-1～2-Mをそれぞれ、別々に動かすようにしてもよい。

【0077】＜他の変形例＞また、以上の第1～第3の実施形態では、GRINレンズ2-1～2-Mが1次元方向に配列された放射レンズアレー20と、サンプリング光ファイバ12-1～12-Nが1次元方向に配列されたファイバアレー12と、アンテナ素子17-1～17-Nが1次元方向に配列されたアレアンテナを用いて構成した。しかしながら、本発明はこれに限らず、図10に示すように、複数のGRINレンズ220-1がマトリックス形状で2次元方向に配列された放射レンズアレー220と、複数のサンプリング光ファイバ212-1がマトリックス形状で2次元方向に配列されたファイバアレー212と、複数のアンテナ素子がマトリックス形状で2次元方向に配列されたアレアンテナ（図示せず。）とを用いて構成してもよい。以上の様に構成することにより、受信できる電波の到来方向及び送信信号の放射方向を3次元的に設定することができ、第1及び第2の実施形態と同様の効果を有する。

【0078】さらに、第1の変形例では、放射レンズアレー20を1次元方向で移動させる移動機構57と、移動機構57を制御する移動機構57とを用いて構成したが、本発明はこれに限らず、放射レンズアレー20を2次元で移動させる移動機構と、当該移動機構を制御する移動機構とを用いて構成してもよい。この場合、複数のGRINレンズ2-1～2-Mがマトリックス形状で2次元方向に配列された放射レンズアレーと、複数のサンプリング光ファイバがマトリックス形状で2次元方向に

(13)

23

配列されたファイバアレーと、複数のアンテナ素子がマトリックス形状で2次元方向に配列されたアレーアンテナとを用いて構成することにより、受信できる電波の到来方向及び放射方向を3次的に設定することができ、第1の変形例と同様の効果を有する。

【0079】以上の第1～第3の実施形態において、ファイバアレー12はサンプリング光ファイバ12-1～12-Nを用いて構成しているが、本発明はこれに限らず、基板上に形成された複数の光導波路を用いて構成してもよい。以上のように構成することにより、第1と第2の実施形態と同様に動作して同様の効果を有するとともに、サンプリング光ファイバ12-1～12-Nを用いて配列した場合に比較して光導波路を狭い間隔で形成できるので、合成ビーム光11を狭い間隔で空間的にサンプリングでき、入力面P12に入力される合成ビーム光11を効率良くサンプリングできる。

【0080】以上の第1と第2の実施形態では、位相同期型光放射器1は、それぞれ周波数 $(f_0 + f_n(1))$ ～ $(f_0 + f_n(M))$ を有する複数M個のビーム光L1～LMを出力するように構成したが、本発明はこれに限らず、それぞれ周波数 $(f_0 - f_n(1))$ ～ $(f_0 - f_n(M))$ を有する複数M個のビーム光を出力するように構成してもよい。

【0081】また、以上の第1と第2の実施形態において、アンテナ素子17-1～17-Nとしては、ダイポールアンテナ、誘電体基板上に形成された金属パッチアンテナ、ホーンアンテナなどを用いることができる。

【0082】

【実施例】次に、以上の第1と第2の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナに関して実施した種々のシミュレーション結果について説明する。図11は、第1と第2の実施形態の光学信号処理装置10において、光軸からの距離 $r_0 = 0$ 、 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 250 \mu\text{m}$ の位置からそれぞれ、ガウス分布ビーム光を放射したときの、入力面P12における各ガウス分布ビーム光の位相傾斜を示すグラフである。図11から明らかなように、光軸上($r_0 = 0 \mu\text{m}$)でビーム光を放射した場合は、入力面P12上のどの位置においても位相は等しくなる。また、ビーム光の放射位置を光軸30から離すと(図11においては $r_0 = 125 \mu\text{m}$ と $r_0 = 250 \mu\text{m}$ の場合)、入力面P12において光軸30からの距離xに対して位相は直線的に変化し、ビーム光の放射位置を光軸30から離す程、距離xに対する位相の傾きは大きくなることわかる。

【0083】図12は、第1と第2の実施形態の光学信号処理装置10において、ガウス分布ビーム光GBrの放射位置を光軸30からの距離 $r_0 = 0 \mu\text{m}$ に設定し、ガウス分布ビーム光GBmの放射位置を光軸30からの距離 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 250 \mu\text{m}$ に設定した

特開平10-65434

24

フは、数10を用いて計算し、距離 r_0 以外の主要なパラメータは、ガウス分布ビームのビームウエスト径 $\omega_0 = 62.5 \mu\text{m}$ 、フーリエ変換レンズ8の焦点距離 $F = 120 \text{mm}$ 、ビーム光の波長 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ に設定した。図12において、 $r_0 = 0 \mu\text{m}$ を付して示している実線は、干渉パターンの包絡線で、ガウス分布として時間平均されたものを示している。また、 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ を付して示している点線は、光軸30からの距離 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ の位置から放射されたガウス分布ビーム光GBrとガウス分布ビーム光GBrとの時間的に変化する干渉パターンを示し、 $r_0 = 250 \mu\text{m}$ を付して示している点線は、光軸30からの距離 $r_0 = 250 \mu\text{m}$ の位置から放射されたガウス分布ビーム光GBrとガウス分布ビーム光GBrとの時間的に変化する干渉パターンを示す。図12のグラフから明らかなように、入力面P12において、ガウス分布ビーム光GBmの放射位置に対応した光励振強度を有する干渉パターンが得られることがわかる。

【0084】また、図13は、ガウス分布ビーム光の放射する位置を焦点面P20において変化させたときの、アレーアンテナから放射される放射ビームの放射角度に対する相対振幅を示すグラフである。図13のグラフは、数16を用いて、光軸30からの距離 $r_0 = 0 \mu\text{m}$ 、 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 250 \mu\text{m}$ の3つの異なる位置からガウス分布ビームGBmの放射した場合についてシミュレーションをして示している。当該シミュレーションでは、基準のガウス分布ビーム光GBrは、光軸30から離して放射したものとし、距離 r_0 以外の主要なパラメータは、アンテナ素子数 $N = 9$ 、サンプリング光ファイバ間の間隔 $d_1 = 125 \mu\text{m}$ 、ガウス分布ビームのビームウエスト径 $\omega_0 = 62.5 \mu\text{m}$ 、フーリエ変換レンズ8の焦点距離 $F = 120 \text{mm}$ 、ビーム光の波長 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ に設定し、アンテナ素子間の間隔は放射する無線信号の波長の $1/2$ に設定した。また、図13において、相対振幅は光軸上(距離 $r_0 = 0 \mu\text{m}$)から放射したガウス分布ビームに対応する放射ビームの最大振幅を基準にして規格化して示している。図13のグラフから明らかなように、ガウス分布ビームの放射する位置が焦点面P20において光軸30から離れるほど、アレーアンテナから放射される放射ビームのビーム角は大きくなることわかる。すなわち、ガウス分布ビームの放射する位置を所定の位置に設定することにより、アレーアンテナから放射される放射ビームのビーム角を所定の値に設定することができることを示している。ここで、ビーム角とは、放射ビームの主ビームの方向とアレーアンテナの放射面の垂直方向との間の角度のことをいう。

【0085】また、図14は、図13と同様、ガウス分布ビームの放射する位置を焦点面P20において変化させたときの、アレーアンテナから放射される放射ビームの

25

の放射角度に対する相対振幅を示すグラフである。図14のグラフは、数16を用いて、光軸30からの距離 $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 、 $r_0 = 250 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 375 \mu\text{m}$ の3つの異なる位置からガウス分布ビームの放射した場合についてシミュレーションをして示している。当該シミュレーションでは、基準ガウス分布ビーム光は、光軸30から放射したものとし、距離 r_0 以外の主要なパラメータは、図13のシミュレーションと同様に設定した。図13に示す $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 250 \mu\text{m}$ に設定した場合のグラフと、図14に示す $r_0 = 125 \mu\text{m}$ 及び $r_0 = 250 \mu\text{m}$ に設定した場合のグラフとを比較することにより、基準ガウス分布ビーム光の放射位置に拘わらず、距離 r_0 のみに依存して所望の方向に放射ビームを形成することができることがわかる。

【0086】図15は、数9を用いて計算した結果を示すグラフである。すなわち、図15は、サンプリング光ファイバ12-mの間隔 d_1 に対する、形成することができるビームの最大数 M_{max} を示している。また、図15では、フーリエ変換レンズ8の焦点距離 F を20mm、40mm及び60mmに設定した場合についてそれぞれ示している。図15から明らかなように、サンプリング光ファイバ12-mの間隔を狭く設定する程、形成することができるビームの最大数 M_{max} を大きくできることがわかる。また、焦点距離 F を長く設定するほど、形成することができるビームの最大数 M_{max} を大きくできることがわかる。また、受信することができる電波の数も同様に説明できる。

【0087】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る光制御型フェーズドアレーアンテナは、それぞれ上記各電波の到来方向に対応するM個の信号成分を含む光学処理信号を出力する光学信号処理手段と、対応するアンテナ素子によって受信される受信信号と上記光学処理信号とを混合して周波数変換信号を出力する複数N個の混合器と、上記複数N個の周波数変換信号を合成する合成器とを備えているので、所定の方向から到来する複数の電波を受信することができる。

【0088】また、本発明において、上記光学信号処理手段を、基準周波数に設定された基準ビーム光と上記基準周波数からそれぞれ入力高周波信号の周波数だけ異なる周波数に設定された複数M個の信号処理ビーム光とを出力する光発生手段と、上記各信号処理ビーム光を上記各電波の到来方向に対応した位置から互いに実質的に同一の方向に放射し、かつ上記基準ビーム光を上記各信号処理ビーム光と実質的に同一の方向に放射する光放射手段と、上記各信号処理ビーム光と基準ビーム光とを所定の像平面に集光して干渉縞を形成する集光手段と、上記干渉縞を空間的にサンプリングして複数N個のサンプリングビーム光を出力するサンプリングアレーと、上記各

(14)

特開平10-65434

26

用いて構成することにより、小型でかつ構成を簡単にできる。

【0089】また、本発明において、上記各光学処理信号の位相を反転させて対応するアンテナ素子に出力するM個の位相反転手段を備えることにより、所定の変調方式で変調されたM個の送信信号が上記光学信号処理手段に入力されたときに、上記M個の電波の到来方向に高周波ビームを形成して対応する各送信信号を空間に放射することができる。

【0090】また、本発明においては、上記送信信号と上記参照信号とを切り替えて上記光学信号処理手段に出力するM個の入力切換手段と、送信時に上記送信信号を入力し受信時に上記参照信号を入力するように上記各入力切換手段を制御する制御手段とを備えることにより、送受信を容易に切り替えることができる。

【0091】また、本発明においてさらに、上記光学処理信号が上記混合器又は上記位相反転手段に入力されるように切り替える第1の切換手段と、上記各アンテナ素子で受信された受信信号が上記混合器に入力され又は上記位相反転器から出力される信号が上記各アンテナ素子に入力されるように切り替える第2の切換手段とを備え、上記制御手段が、送信時に上記光学処理信号が上記位相反転手段を介してアンテナ素子に伝送されるように、受信時には、上記光学処理信号と各アンテナ素子で受信された受信信号とが混合器に入力されるように上記第1と第2の切換手段を制御することにより、上記光学信号処理手段と上記混合器及び位相反転手段からなる送受信回路とを同期させて、送受信を切り替えることができる。

【0092】また、本発明においてさらに、第1の端子を介して位相反転手段から入力される信号を第2の端子を介してアンテナ素子に出力し、第2の端子を介してアンテナ素子から入力される受信信号を第3の端子を介して上記混合器に出力するサークキュレータと、入力される光学処理信号のうち上記各送信信号と等しい周波数を有する信号を通過させて上記位相反転手段に入力する第1の帯域通過フィルタと、入力される光学処理信号のうち上記第1の高周波信号と等しい周波数を有する参照信号を通過させて上記混合器に入力する第2の帯域通過フィルタとを設けても、送受信を切り替えることができる。

【0093】また、本発明は、上記放射手段を移動させる移動手段を備えることにより、受信することができる電波の到来方向及び高周波ビームの形成方向とを変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナの構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の光学信号処理装置10の構成を示すブロック図である。

【図3】 図1の位相反転器11の構成を示すブ

(15)

特開平10-65434

27

28

ロック図である。

【図4】 図1の放射レンズアレー20を拡大して示す斜視図である。

【図5】 ファイバアレー12の入方面P12の平面図である。

【図6】 図1の第1の実施形態における、放射レンズアレー20とフーリエ変換レンズ8とファイバアレー12とからなる光学系での処理を説明するための平面図である。

【図7】 図1の合成器66から出力される中間周波数信号IFに含まれる中間周波数成分を示すグラフである。

【図8】 本発明に係る第2の実施形態の光制御型フェースドアレーアンテナの構成を示すブロック図である。

【図9】 本発明に係る第1の変形例の光制御型フェースドアレーアンテナにおける光学信号処理装置10aの構成を示すブロック図である。

【図10】 本発明に係る変形例の光制御型フェースドアレーアンテナにおける光学系を示す斜視図である。

【図11】 ファイバアレー12の入方面P12におけるガウス分布光束の位相傾斜を示すグラフである。

【図12】 光学信号処理装置10において、フーリエ変換レンズ8の焦点面P20の異なる位置から放射されたガウス分布光束によって励振された、入方面P12における光励振強度を示すグラフである。

【図13】 基準のガウス分布光束GBrを光軸30から離れた位置から放射した場合における、各ガウス分布光束GBmに対応してアレーアンテナから放射される放射光束の放射角度に対する相対振幅を示すグラフである。

【図14】 基準のガウス分布光束GBrを光軸30から放射した場合における、各ガウス分布光束GBmに対応してアレーアンテナから放射される放射光束の放射角度に対する相対振幅を示すグラフである。

【図15】 第1及び第2の実施形態において サンプリグファイバの間隔 d_s に対して、形成することがで *

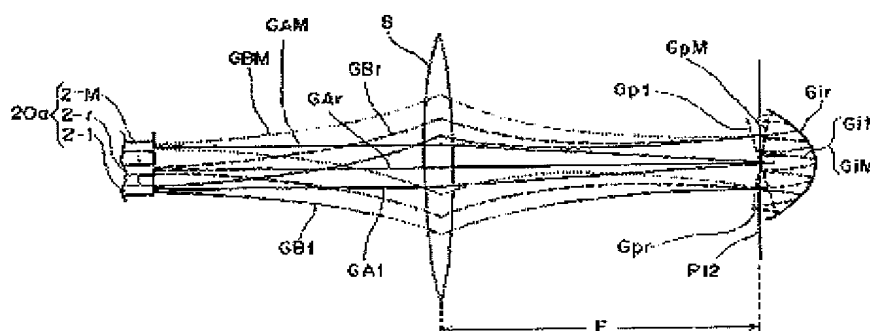
* きる光束の最大数 M_{max} を示すグラフである。

【図16】 従来例の光制御型フェースドアレーアンテナの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1…位相同期型光放射器
- 2-1~2-M, 2-r…GRINレンズ、
- 3-1~3-M…光ファイバケーブル
- 4-1~4-M…高周波発振器、
- 8…フーリエ変換レンズ
- 33-1~33-M…光束合成器
- 12…ファイバアレー、
- 12-1~12-N…サンプリグ光ファイバ
- 14-1~14-N, 34-1~34-M…光電変換器
- 17…アレーアンテナ、
- 17-1~17-N…アンテナ素子
- 18-1~18-M, 19, 52…レーザダイオード、
- 20…放射レンズアレー
- 21-1~21-M, 22, 23, 53, 54…光分配器
- 30…光軸、
- 35-1~35-M…信号比較器、
- 57…移動機構
- 58…制御装置
- 61-1~61-N…位相反転器、
- 62-1~62-N…電力増幅器、
- 63-1~63-N…複合器、
- 64-1~64-N, 71-1~71-N, 72-1~72-N…帯域通過フィルタ、
- 65-1~65-N…中間周波数信号増幅器、
- 66…合成器
- 67…送受信切換制御器
- 68…復調器
- 73-1~73-N…サーキュレータ
- SW1-1~SW1-M, SW2-1~SW2-N, SW3-1~SW3-N…スイッチ。

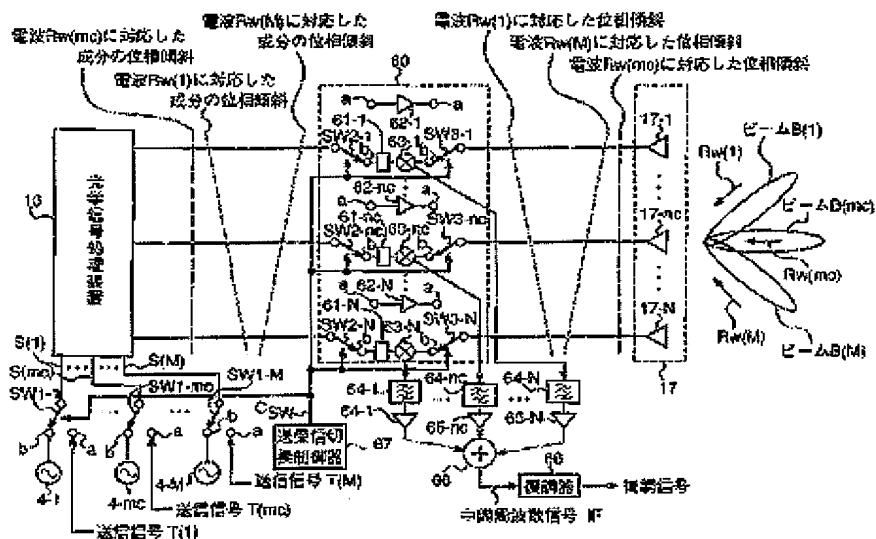
【図6】



(15)

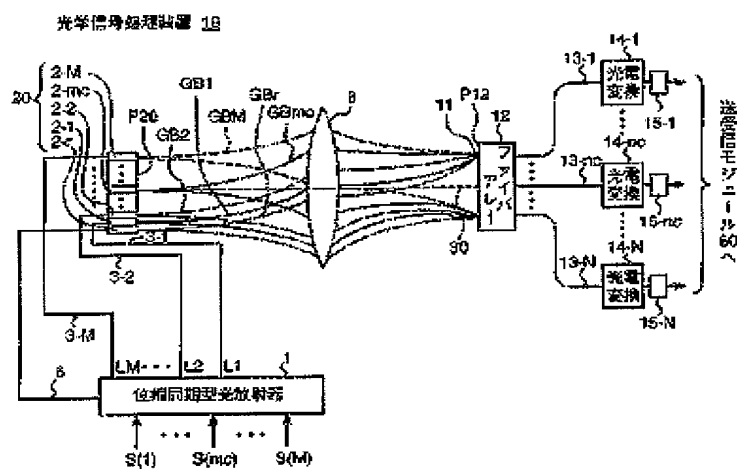
特開平10-65434

【図1】

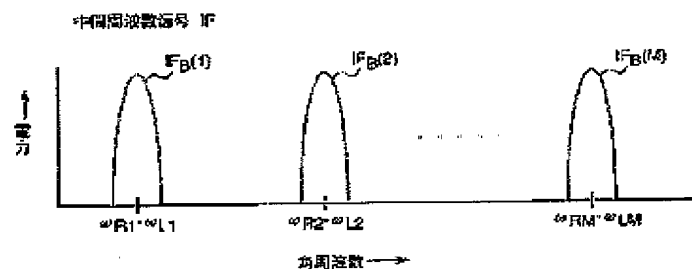


【図2】

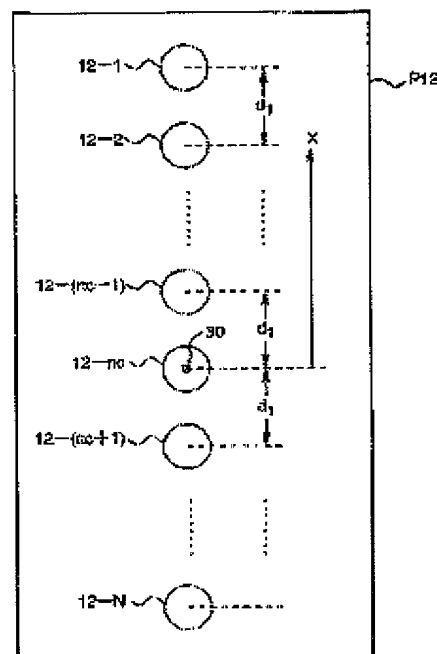
【図5】



【図7】



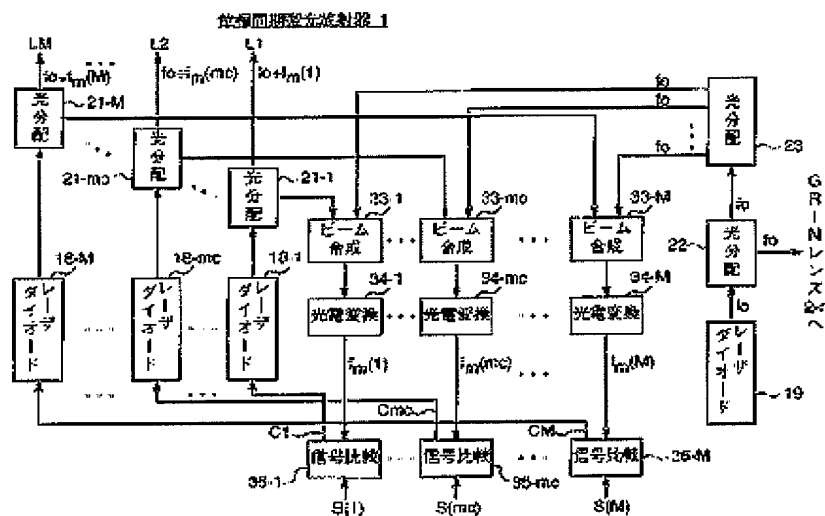
ファイバアレー12



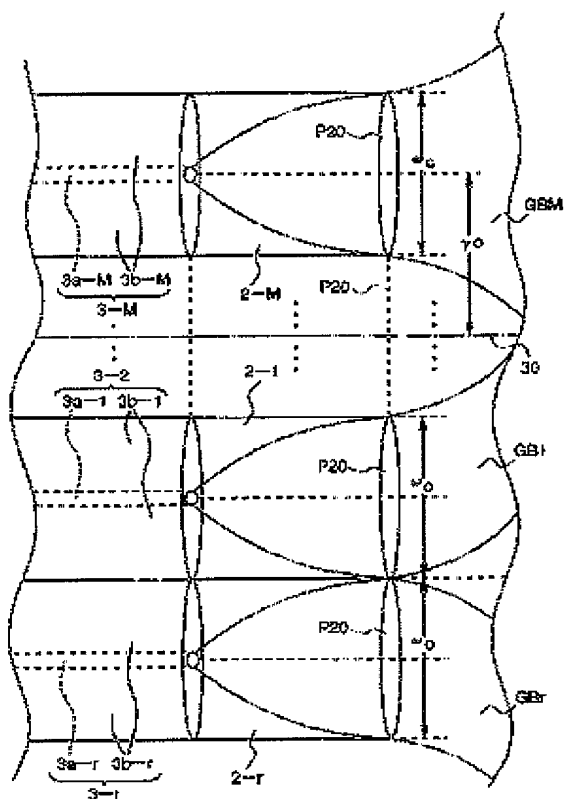
(17)

特開平10-65434

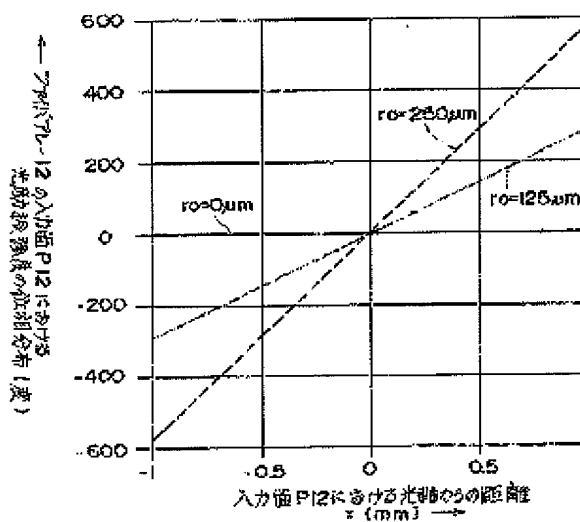
【図3】



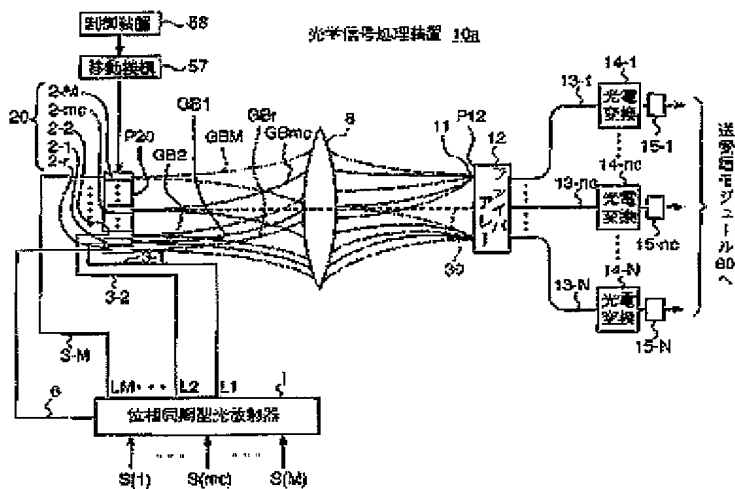
【図4】



【図11】



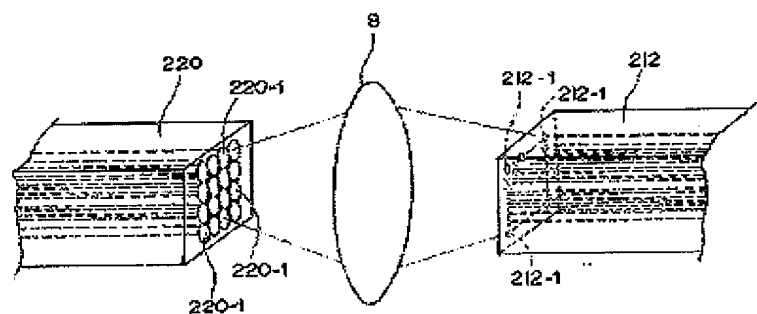
特開平 10-65434



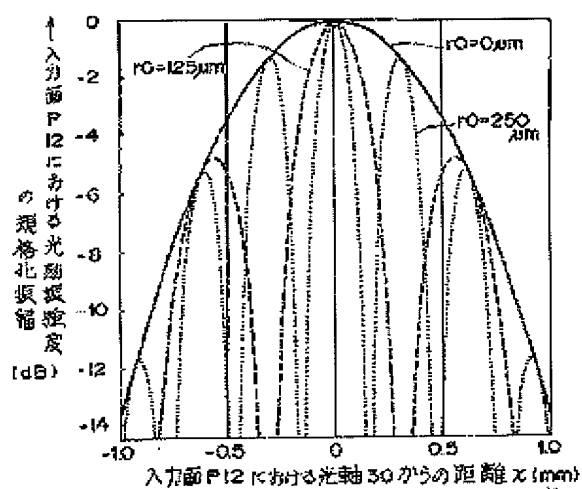
(19)

特開平10-65434

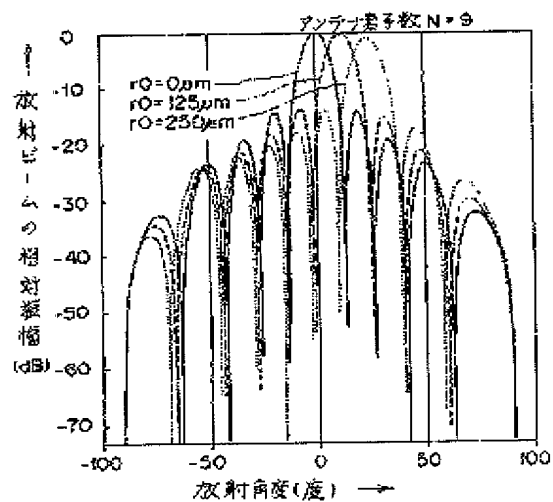
【図10】



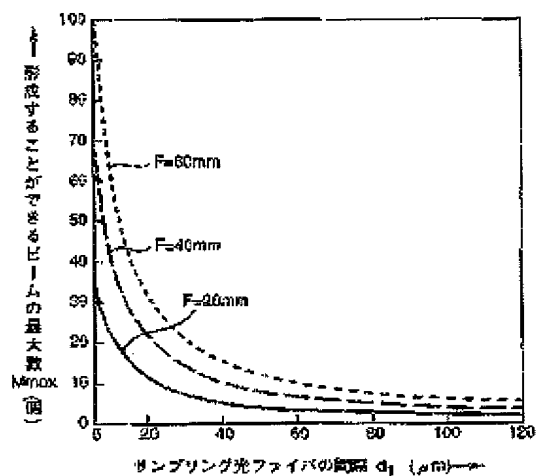
【図12】



【図13】



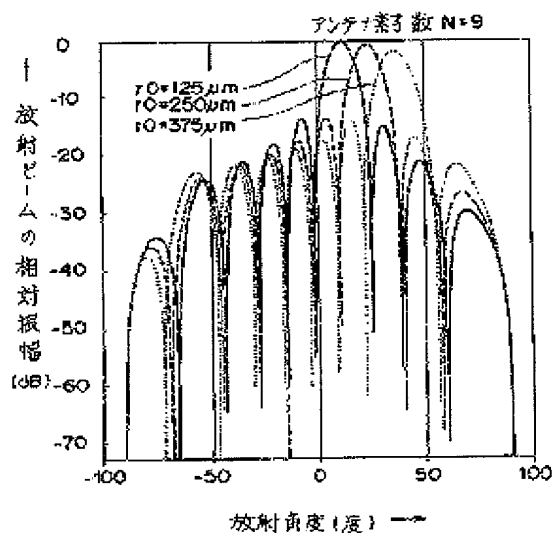
【図15】



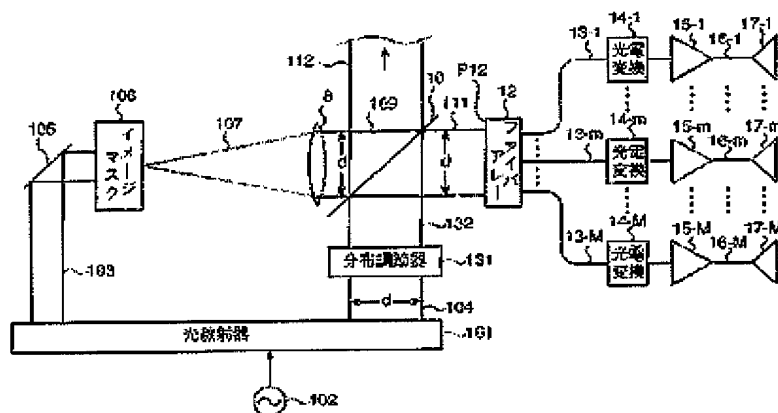
(20)

特開平10-65434

【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 稲垣 恵三
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適
応通信研究所内

(72)発明者 今井 伸明
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適
応通信研究所内

(72)発明者 唐沢 好男
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適
応通信研究所内